

## 九州工業大学学術機関リポジトリ



Title	構造物への津波作用力の評価に関する研究
Author(s)	佐々木, 達生
Issue Date	2016-03-25
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10228/5650">http://hdl.handle.net/10228/5650</a>
Rights	

氏 名	佐々木 達生
学位の種類	博 士（工学）
学位記番号	工博甲第411号
学位授与の日付	平成28年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	構造物への津波作用力の評価に関する研究
論文審査委員	主 査 教 授 幸左 賢二
	〃 野田 尚昭
	〃 山口 栄輝
	准教授 日比野 誠

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震により発生した巨大津波により、道路橋では上部構造、橋脚、背面盛土の流出等、新たな被災モードが確認された。現行の橋梁の設計基準では津波の影響を踏まえて橋梁計画を行うことが迫記されたものの、沿岸部の既設橋梁等に発生する津波被害の対策を行うための具体的な設計法は未だ確立されていない。

そこで、本研究では津波による橋梁被害の予測や対策に必要とされる橋梁への津波作用力の評価手法を構築することを目的として、これを達成するために重要な以下の3課題に着目して研究を行った。

【課題1】津波による橋梁被害の実態と被害要因となる津波の作用の実態解明

橋梁に津波が作用した際にどのような被害が発生するのか、また橋梁への作用力を評価する際に想定すべき津波形状（段波か定常流か）が明らかでない。

【課題2】非線形長波理論に基づいた数値解析の再現性と被害の説明性の把握

地域の防災計画に多用される数値解析で得られる流速の再現性や、これを用いて被害状況や流出メカニズムの説明性を言及した事例は未だない。

【課題3】数値解析を用いた橋梁への作用力の評価手法の適用範囲の明確化

橋梁の耐津波設計を行う上で必要な流速を得るツールとして、非線形長波理論の精度がどこまで保たれるのかを説明した事例はない。

本論文では、以下に示す全6章から構成されている。

第1章では、本論文の序論として、本研究を遂行することに至った研究背景と橋梁構造物の耐津波設計上の課題及び研究目的を示している。

第2章では、本研究に関連する事項について、近年の橋梁への津波作用力の評価に関する既往の研究および現状の課題を整理している。

第3章では、課題1の橋梁被害の実態解明に対し、東北地方太平洋沖地震で発生した津波による橋梁被害に着目して損傷度を整理するとともに、桁抵抗力作用力比 $\beta$ 値から橋梁上部構造の流出評価を実施している。 $\beta$ 値が2.5を超える橋梁の構造特性から、桁高が低く桁幅が広い扁平な桁形状であれば極めて流出しにくいことが明らかとなった。また画像解析で得た津波流速は平均的に6.0m/sec程度で最大でも8.0m/secであったことから、この流速に耐えられるように設計できれば橋梁の上部構造は流出しないと考えることができる。

第4章では、まず課題1の被害要因となる津波の作用の実態解明に対し、津波の遡上を撮影した多数の画像資料から津波の特性を分析して、橋梁に作用する際の津波形状は、段波ではなく、その後続く緩い水面勾配をもった準定常的な流れが作用することを明らかにした。従って、橋梁への津波作用力の評価は、定常流となるために流速を得ることができれば良い。

次に課題2に対して、津波が作用する橋梁の流速を得るために2次元の津波伝播遡上解析（数値解析）を実施した。画像解析との比較から浸水範囲や最大浸水高、流速は十分に再現性の良いことが確認され、この流速を用いて算出した橋梁への作用力による流出評価の説明性が高いことから、数値解析の流速を用いて橋梁への作用力を算出する評価手法は、流出被害の推定に有効であるとの結論を得た。

第5章では、課題3に対して、画像解析と数値解析を詳細に比較することで、非線形長波理論に基づく数値解析はどこまで再現されるかの検討を行った。具体的には画像解析に基づいて模式図化した津波形状と数値解析から得た水位波形を比較した。その結果、数値解析結果で得られる水位波形は波先部に後続する準定常的な流れの水面形における1/100程度の緩い水面勾配の再現性は非常に良好であるとの結論を得た。ただし、段波にみられる急勾配な水面形は再現されていない。従って、段波が作用する場合や鉛直作用力が支配的となる場合は3次元流体解析を行うなどの詳細な評価が必要である。

第6章では、本論文で得られた結論および知見をまとめるとともに、今後の課題を整理している。

## 学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震により発生した巨大津波により、道路橋では上部構造、橋脚、背面盛土の流出等、新たな被災モードが確認された。現行の橋梁の設計基準では津波の影響を踏まえて橋梁計画を行うことが追記されたものの、沿岸部の既設橋梁等を対象とした具体的な設計法は未だ確立されていない。本研究では津波による橋梁被害の予測や対策に必要とされる橋梁への津波作用力の評価手法の構築を目的として、これを達成するために重要な以下の3課題に着目している。

【課題1】橋梁に津波が作用した際にどのような被害が発生するのか、また橋梁への作

用力を評価する際に想定すべき津波形状（段波か定常流か）を明らかにする。

【課題 2】地域の防災計画に多用される数値解析で得られる流速の再現性と、これを用いた橋梁被害状況や流出メカニズムの説明性を明らかにする。

【課題 3】橋梁の耐津波設計を行う上で必要な流速を得るツールとして、非線形長波理論の精度が保たれる範囲を明確にする。

本論文では、以下に示す全 6 章から構成されている。

第 1 章では、本論文の序論として、本研究を遂行することに至った研究背景と橋梁構造物の耐津波設計上の課題及び研究目的を示している。

第 2 章では、本研究に関連する事項について、近年の橋梁への津波作用力の評価に関する既往の研究および現状の課題を整理している。

第 3 章では、課題 1 の橋梁被害の実態解明に対し、東北地方太平洋沖地震で発生した津波による橋梁被害に着目して損傷度を整理するとともに、桁抵抗力作用力比  $\beta$  値から橋梁上部構造の流出評価を実施している。 $\beta$  値が 2.5 を超える橋梁の構造特性から、桁高が低く桁幅が広い扁平な桁形状であれば極めて流出しにくいことを明らかにしている。また画像解析で得た津波流速は平均的に 6.0m/sec 程度で最大でも 8.0m/sec であったことから、この流速に耐えられるように設計できれば橋梁の上部構造は流出しないと考えることができる。

第 4 章では、まず課題 1 の被害要因となる津波の作用の実態解明に対し、津波の遡上を撮影した多数の画像資料から津波の特性を分析して、橋梁に作用する際の津波形状は、段波ではなく、その後続く緩い水面勾配をもった準定常的な流れが作用することを明らかにしている。従って、橋梁への津波作用力の評価は、定常流となるために流速を得ることができれば良いとしている。次に課題 2 に対して、津波が作用する橋梁の流速を得るために 2 次元の津波伝播遡上解析（数値解析）を実施している。画像解析との比較から浸水範囲や最大浸水高、流速は十分に再現性の良いことを確認して、この流速を用いて算出した橋梁への作用力による流出評価の説明性が高いことから、数値解析の流速を用いて橋梁への作用力を算出する評価手法は、流出被害の推定に有効であるとの結論を得ている。

第 5 章では、課題 3 に対して、画像解析と数値解析を詳細に比較することで、非線形長波理論に基づく数値解析はどこまで再現されるかの検討を行っている。具体的には画像解析に基づいて模式図化した津波形状と数値解析から得た水位波形を比較している。その結果、数値解析結果で得られる水位波形は波先部に後続する準定常的な流れの水面形における 1/100 程度の緩い水面勾配の再現性は非常に良好であるとの結論を得ている。ただし、段波にみられる急勾配な水面形は再現されていないため、段波が作用する場合や鉛直作用力が支配的となる場合は 3 次元流体解析を行うなどの詳細な評価が必要であるとしている。

第 6 章では、本論文で得られた結論および知見を取り纏めている。

以上より、本研究によって橋梁に作用する際の津波形状を明らかにすることで、比較的簡易な手法である非線形長波理論に基づく数値解析で橋梁への津波作用力の評価が可能であることを提示しており、橋梁の耐津波設計法における橋梁への津波作用力の評価手法や数値解析の適用範囲を示すなど、有用な研究成果が得られている。

また、審査委員会および公聴会における出席者から多くの質問がなされたが、いずれも適切に回答し、質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。